

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer: **0 502 249 A2**

(12)

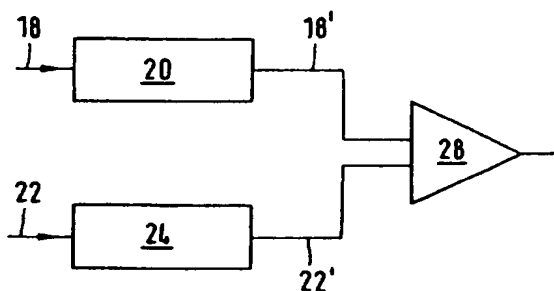
**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**(21) Anmeldenummer: **91119419.9**(51) Int. Cl.<sup>5</sup>: **G01C 19/42, G01C 21/20**(22) Anmeldetag: **14.11.91**(30) Priorität: **04.03.91 DE 4106767**(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**09.09.92 Patentblatt 92/37**(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**CH DE FR LI SE**(71) Anmelder: **TZN Forschungs- und  
Entwicklungszentrum Unterlüss GmbH  
Neuensothriether Strasse 20  
W-3104 Unterlüss(DE)**(72) Erfinder: **Kriz, Helmut, Dr.  
Am Fuchsbau 7  
W-3101 Lachendorf(DE)**(74) Vertreter: **Behrend, Rainer  
Ulmenstrasse 125  
W-4000 Düsseldorf(DE)**(54) **Verfahren zur Ermittlung von Fahrzeugdrehraten und Fahrzeuganordnung zur Durchführung des Verfahrens.**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung von Fahrzeugdrehraten, wodurch Sensorprinzipien bedingte Störungen unterdrückt werden sollen. Einerseits soll bei der Navigation fahrerloser Transportsysteme die zeitabhängige Drift bei bekannten Kreiselssystemen vermieden werden. Andererseits sollen Fehlreaktionen von Radsensoren hinsichtlich der Richtungsinformation des Fahrzeuges, beispielsweise beim Durchfahren von Schlaglöchern, vermieden werden.

Abhilfe schafft hier ein Verfahren, nach dem ein in einer Kreiselanordnung erzeugtes Drehratensignal 18 einen Hochpaßfilter 20 passiert und ein von Radsensoren generiertes Drehratensignal 22 einen Tiefpaßfilter 24 passiert, sowie die beiden danach auftretenden Einzelsignale 18', 22' zur Ermittlung der Fahrzeug-Ist-Drehrate zusammengefaßt werden.

Durch die Sperrwirkung des Tiefpaßfilters werden - beispielsweise beim Durchfahren eines Schlagloches - die dabei auftretenden sensorbedingten hochfrequenten Drehratensignale der Radsensoren eliminiert und können sich deshalb bei der Ermittlung der Fahrzeugdrehrate nicht mehr störend auswirken. Ferner vermeidet der Hochpaßfilter niederfrequente Störungen, die beispielsweise durch die Drift eines Kreisels hervorgerufen wurden. Durch die Verknüpfung der gefilterten Drehratenmeßsignale kann auf einfache und schnelle Weise der Lagewinkel

eines fahrerlosen Fahrzeuges ermittelt werden.

**FIG.2**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung von Fahrzeugdrehraten nach den im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmalen. Ferner sind Fahrzeuganordnungen zur Durchführung des Verfahrens Gegenstand der Erfindung.

Aus der DE 31 11 130-A1 geht die Gewinnung der Fahrzeugdrehrate aus einer Kreiselnavigation hervor. Nachteilig wirkt sich eine dem bekannten Kreiselssystem immanente Eigenheit einer zeitabhängigen Drift aus, wodurch eine zeitabhängige Abweichung vom Sollkurs, insbesondere bei fahrerlosen Fahrzeugen, nicht zu vermeiden ist.

Aus der DE 30 03 287-A1 ist ein selbstfahrendes Fahrzeug bekannt, bei dem frei mitlaufende Hinterräder mit Winkelgebern zu dem Zweck angeordnet sind, Informationen über die Bahnlänge und eines Kreisradius zur Fahrzeuglenkung zu gewinnen. Als Winkelgeber werden hier Radsensoren eingesetzt, die jedoch störanfällig sind, wenn beispielsweise das Fahrzeugrad durch ein Schlagloch fährt. Durch eine derartige Störung verliert der Radsensor die Richtungsinformation des Fahrzeuges, weil bei der Durchfahrt durch dieses Schlagloch statistisch die Umdrehungszahl mindestens eines Rades verändert wird und dadurch kurzzeitig eine hohe Fahrzeugdrehrate sinngemäß weitergegeben wird, was zu Fehlreaktionen des Fahrzeuges führt.

Demgegenüber ist es Aufgabe der Erfindung, die Sensorprinzipien bedingten Störungen bei der Ermittlung der Fahrzeugdrehrate zu unterdrücken.

Gelöst wird diese Aufgabe durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 aufgeführten Verfahrensmerkmale. Vorteilhafte Anordnungen zur Durchführung des Verfahrens gehen aus den Merkmalen der Unteransprüche hervor.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren können sich vorteilhaft fahrbahnbedingte Störeinflüsse, wie beispielsweise ein Schlagloch, bei der Ermittlung der vorhandenen Fahrzeugdrehrate nicht mehr negativ auswirken. Durch eine Störung hervorgerufene und beispielsweise beim Durchfahren eines Schlagloches auftretende sensorbedingte hochfrequente Drehratensignale der Radsensoren werden durch die Sperrwirkung beim Passieren eines Tiefpaßfilters eliminiert und wirken sich deshalb bei der Ermittlung der tatsächlichen Fahrzeugdrehrate nicht mehr störend aus.

Ferner wird eine durch die Drift eines Kreisels vorhandene niederfrequente Störung in bezug auf die Ermittlung der tatsächlichen Fahrzeugdrehrate dadurch vorteilhaft vermieden, daß das vom Kreiselssystem erzeugte Drehratensystem einen Hochpaßfilter passieren muß und dadurch die aus der Drift resultierenden Verfälschungen vermieden werden.

Durch Verknüpfung der beiden vorbeschriebenen gefilterten Drehraten-Meßsignale kann auf be-

sonders einfache und schnelle Weise der Lagewinkel eines fahrerlosen Fahrzeuges ermittelt werden. Insbesondere können durch die einfache Drifteliminierung preiswerte handelsübliche Kreiselssysteme eingesetzt werden. Die Erfindung wird anhand zweier in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert.

Es zeigt:

- Fig. 1 ein fahrerlos betriebenes Fahrzeug in einer perspektivischen Ansicht,
- Fig. 2 eine schematische Darstellung der durch Tiefpaß- und Hochpaßfilter gefilterten Drehratensignale,
- Fig. 3 in einer schematischen Darstellung den Fahrzeugdrehwinkel,
- Fig. 4 in einer schematischen Darstellung den Verlauf der durch einen Tiefpaßfilter gefilterten Drehratensignale,
- Fig. 5 in einer schematischen Darstellung den Verlauf der durch einen Hochpaßfilter gefilterten Drehratensignale,
- Fig. 6 den Verlauf des Drehratensignales bei einem abdriftenden Kreisel und bei äußeren Störeinflüssen des Radsensors,
- Fig. 7 einen Kreisel- und Hinterradsensor bezogenen störungsfreien Drehratensignalverlauf,
- Fig. 8 ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem die Störungen der Drehratensignale durch einen Kalman-Filter eliminiert werden.

In Fig. 1 ist ein autonomes fahrerloses Transportfahrzeug 14 dargestellt, das keine materiellen Leitschienen zur Lenkung benötigt und deshalb bei Änderung der Streckenführung eine hohe Flexibilität besitzt. Zur Orientierung und Erzeugung der Lenkbewegung werden mitgeführte Winkel- und Wegmeßsensoren verwendet. Die Orientierung erfolgt dabei an inertialen Systemen, wie Kreisel 12 und/oder mit Hilfe geeigneter Sensoren (Weggeber 10) an Gegenständen der normalen Einsatzumgebung.

Das Fahrzeug 14 besteht im wesentlichen aus folgenden Baugruppen:

Einem Untergestell 32, das eine kraftaufnehmende Zelle bildet und im oberen Bereich eine Montageplattform zur Aufnahme kundenspezifischer Nutzungsgeräte trägt. Eine im vorderen Fahrzeugbereich nicht dargestellte Lenkung, die beispielsweise aus nur einem Lenkrad bestehen kann, ist mit Antriebsmotoren und Getriebe ausgerüstet, während das Fahrzeug in seinem hinteren Bereich zwei beidseitig angeordnete, lediglich mitlaufende Fahrzeugräder 26 enthält.

Im vorderen Fahrzeugbereich sind bekannte Abstandssensoren 36 angeordnet, die als Sicherheitseinrichtung eine Kollision verhindern. Das

Fahrzeug kann automatisch, von Hand oder nach einem Lernmodus betrieben werden, wozu maßgeblich für die Lernfahrt eine Kamera 38 im oberen, vorderen Fahrzeugbereich angeordnet ist. Eine Auswerteschaltung 16 enthält verschiedene elektrische Einschübe 16.1, 16.2 etc., in denen alle Funktionen zentral gesteuert werden. Beispielsweise dient ein Einschub 16.1 dem Zweck, daß die Achsensteuerung die Lenkbefehle in Motoransteuerbefehle umsetzt. Ein weiterer Einschub 16.2 ist mit einer Elektronik zur Gewinnung der Ortsinformation aus dem Fahrsensor ausgerüstet.

Als Weggeber 10 dienen die unabhängig voneinander drehbaren Hinterräder 26, die mit elektrischen Sensoren zur Ermittlung des zurückgelegten Weges ausgerüstet sind. Weicht der gemessene Weg des einen Rades 26 vom anderen ab, so hat sich das Fahrzeug 14 um einen in der Fig. 3 dargestellten Drehwinkel  $\alpha$  gedreht. Auf diese Weise kann über die Radsensoren 10 unter Zuhilfenahme der Auswerteschaltung 16 die Fahrzeugdrehrate  $\phi$  berechnet und in entsprechende elektrische Drehratensignale 22 umgewandelt werden. Damit Störungen der Wegstrecke, beispielsweise ein Schlagloch, die Meßergebnisse nicht beeinträchtigen, und insbesondere dabei auftretende hochfrequente Drehratensignale 40 (Fig. 6) keine Fehlreaktionen des Fahrzeuges hervorrufen, wird das von dem Radsensor 10 ermittelte Drehratensignal 22 einem Tiefpaßfilter 24 zugeführt, der ausschließlich nur die im störungsfreien normalen Fahrbetrieb des Fahrzeuges 14 auftretenden Drehratensignale 22 durchläßt. Der Tiefpaßfilter kann beispielsweise so ausgelegt sein, daß er HF-Störungen im Bereich zwischen einer Drehrate von  $10^\circ/\text{sec.}$  und einer Drehrate von  $90^\circ/\text{sec.}$  unterdrückt und  $\leq 10^\circ/\text{sec.}$  durchläßt. Die Fig. 4 verdeutlicht diese Charakteristik des Tiefpaßfilters. Danach gelangen nur die von der Kurve 40 eingeschlossenen elektrischen Signale einer relativ geringen Fahrzeugdrehrate 22 durch den Tiefpaßfilter 24.

Zur Vermeidung der eingangs beschriebenen und in der Fig. 6 dargestellten Kreisel drift 19, die beispielsweise  $10^\circ/\text{h}$  betragen kann, muß das vom Kreisel system bestimmte Fahrzeugdrehratensignal 18 einen Hochpaßfilter 20 passieren. Die Charakteristik eines derartigen Hochpaßfilters 20 ist in Fig. 5 dargestellt. Danach werden der Drift 19 entsprechend geringe Fahrzeugdrehratensignale 42 vom Hochpaßfilter 20 nicht berücksichtigt, während beispielsweise Fahrzeugdrehratensignale  $18 \geq 10^\circ/\text{h}$  den Hochpaßfilter passieren können.

Die gefilterten Ausgangssignale der Fahrzeugdrehrate 18' und 22' werden anschließend einem Summenverstärker 28 in an sich bekannter Weise zusammengefaßt.

Durch die vorbeschriebene Unterdrückung der maßgeblich sensorbedingten Störungen wird eine

exakte Fahrzeugdrehrate 22 (Fig. 7) für den Sollkurs bestimmt, wobei beispielsweise während der schlaglochbedingten Störung das von der Drift 19 befreite Drehratensignal 18 den Sollkurs des Fahrzeuges bestimmt.

Den gleichen vorbeschriebenen vorteilhaften Effekt der Unterdrückung sensorbedingter Störeinflüsse kann durch einen eine Hochpaß- und Tiefpaßfilterung erzeugenden Kalman-Filter 30 erzeugt werden, wie er schematisch in der Fig. 8 dargestellt ist.

Dabei wirkt eine nicht näher dargestellte Verstärkermatrix des Kalman-Filters so, daß die aus der Kreiselanordnung 12 generierte Drehrateninformation 18 durch eine Hochpaßfilterschicht und das aus dem Radsensor 10 gewonnene Drehratensignal 22 durch einen ebenfalls nicht näher dargestellten Tiefpaß geschickt wird.

Die Navigation durch den Kalman-Filter 30 ist in den geschlossenen Schaltstellungen II und III möglich. Dabei gelangen die Drehratensignale 22 des Radsensors 10 nach Verlassen eines für die Beschaltung erforderlichen Netzwerkes 44 und die Drehratensignale 18 des Kreisels 12 nach Verlassen eines entsprechenden Netzwerkes 46 in den Kalman-Filter 30. Als Ergebnis wird die erhaltene Summenmatrix 48 mit den Sollwerten 50 der Fahrzeugnavigation verglichen und daraus der Fahrzeuglagewinkel 52 berechnet.

Bei glattem Boden ist auch eine einfache Betriebsart nur mit Radencodern gemäß der Schaltung I möglich, während in der Schaltung II eine Kreiselnavigation durchführbar ist.

Die verwendeten Geräte: Hochpaßfilter 20, Tiefpaßfilter 24, Summenverstärker 28, Kalman-Filter 30, Netzwerke 44, 46, Summenmatrix 48 sind im Handel erhältlich und gehören somit zum Stand der Technik, weshalb eine nähere Beschreibung dieser Teile entbehrlich ist.

#### Bezugszeichenliste

10	Weggeber
12	Kreiselanordnung
14	Fahrzeug
16	Auswerteschaltung
16.1, 16.2	Einschübe
18	Drehratensignal (Kreisel)
19	Drift
20	Hochpaßfilter
22	Drehratensignal (Radsensor)
24	Tiefpaßfilter
26	Hinterrad
28	Summenverstärker
30	Kalman-Filter
32	Untergestell
34	Montageplattform
36	Abstandssensoren

38	Kamera	
40	Signale	
42	Signale	
44	Netzwerk	
46	Netzwerk	5
48	Summenmatrix	
50	Sollwert	
52	Lagewinkel	

che 1 bis 4, **gekennzeichnet durch** einen Hochpaß- und einen Tiefpaßfilter erzeugenden Kalman-Filter (30).

#### Patentansprüche 10

1. Verfahren zur Ermittlung von Fahrzeugdrehraten, wobei ein Weggeber (10) der Fahrzeugbewegung entsprechende Signale erzeugt und eine Kreiselanordnung (12) fortlaufend die Ausrichtung des Fahrzeuges (14) erfaßt, sowie die vom Weggeber (10) und von der Kreiselanordnung (12) erzeugten Signale in einer Auswerteschaltung (16) verarbeitet werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß jedes in der Kreiselanordnung (12) erzeugte Drehratensignal (18) einen Hochpaßfilter (20) passiert, und daß jedes von als Weggeber (10) ausgebildeten Radsensoren generierte Drehratensignal (22) einen Tiefpaßfilter (24) passiert, sowie die danach auftretenden Einzelsignale (18', 22') zur Ermittlung der Fahrzeug- Ist-Drehrate zusammengefaßt werden. 15 20 25
2. Fahrzeuganordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** einen der Kreiselanordnung (12) zugeordneten Hochpaßfilter (20), der Drehratensignale (18) in der Größe der Driftfrequenz unterdrückt. 30 35
3. Fahrzeuganordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das von den auf zwei mitlaufenden Hinterrädern (26) angeordneten Radsensoren (10) ermittelte Drehratensignal (22) einem Tiefpaßfilter (24) zugeführt wird, der ausschließlich die im störungsfreien normalen Fahrbetrieb des Fahrzeuges (14) auftretenden Drehratensignale (22) durchläßt. 40 45
4. Fahrzeuganordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Hochpaßfilter (20) und der Tiefpaßfilter (24) mit einem Summenverstärker (28) verbunden sind, in dem die von den Radsensoren (10) ermittelten und den Tiefpaßfilter (24) verlassenen sowie die von der Kreiselanordnung (12) ermittelten und den Hochpaßfilter (20) verlassenen Drehratensignale (18', 22') addiert werden. 50 55
5. Fahrzeuganordnung nach einem der Ansprü-

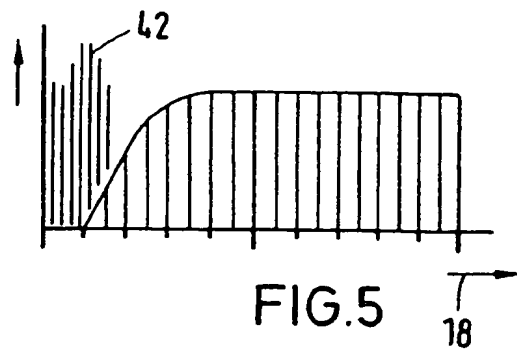
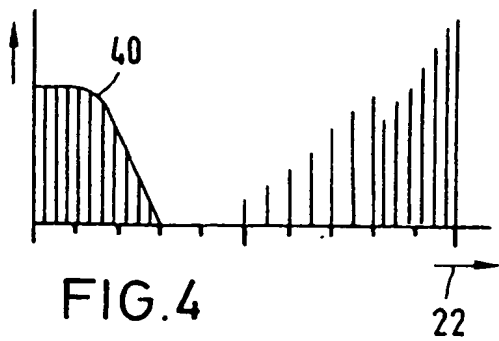
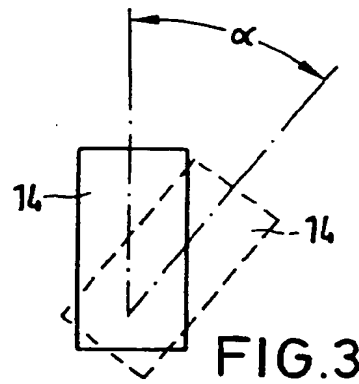
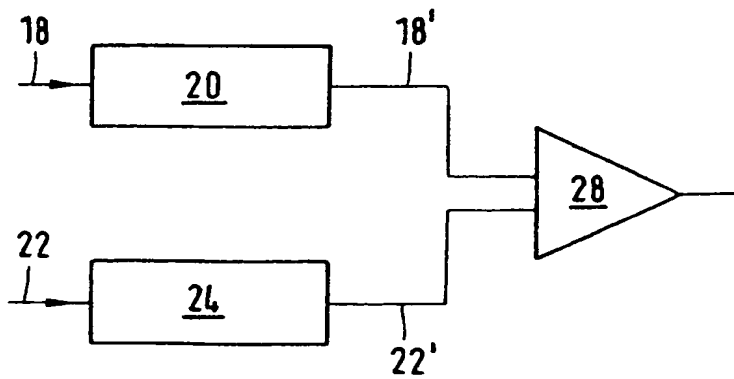
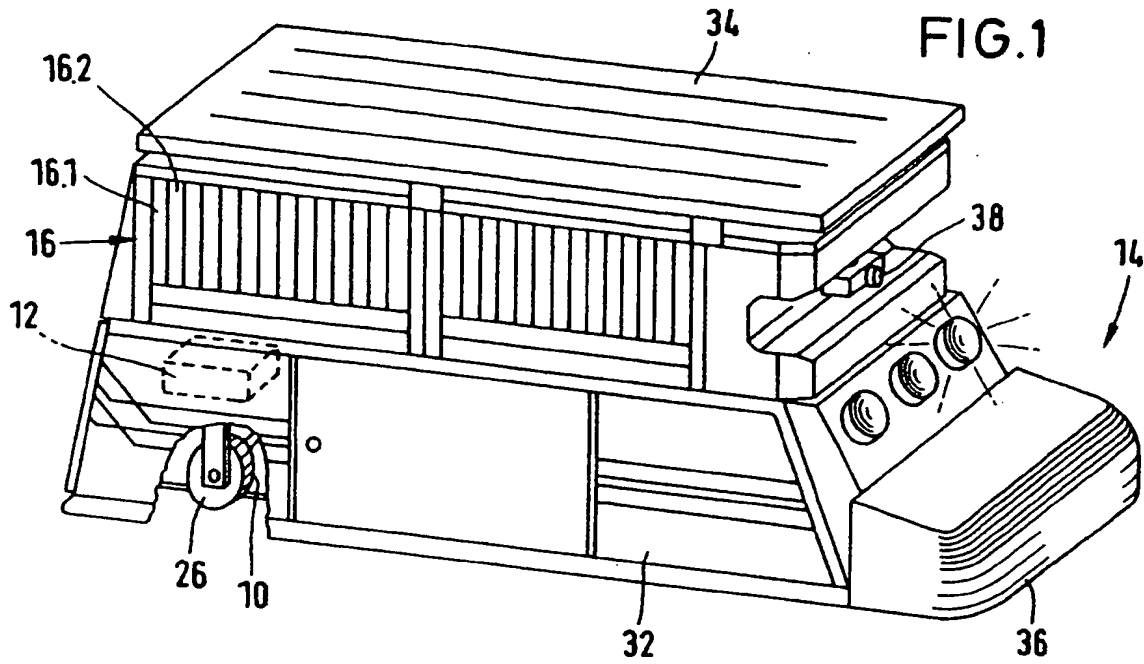


FIG.6

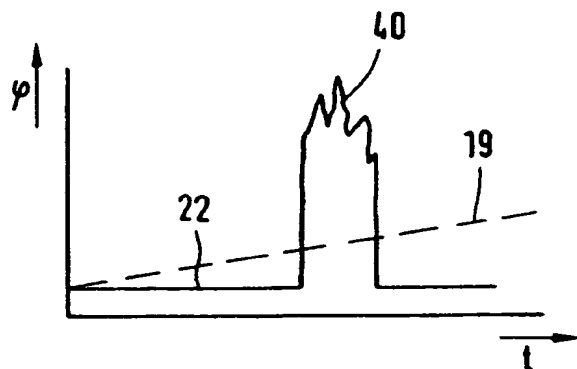


FIG.7

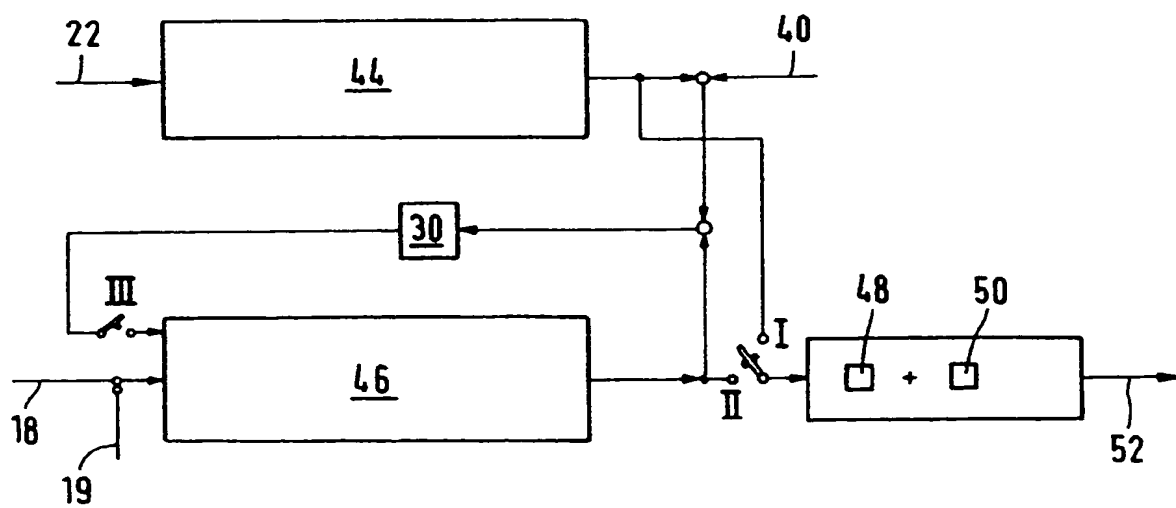
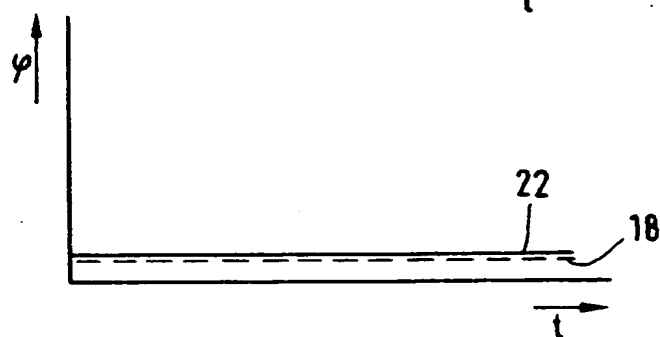


FIG.8